



## LES MESURES, PAR DILATOMÉTRIE, DES TEMPÉRATURES DE CUISSON DES CÉRAMIQUES DE LA GRAUFESENQUE : PRINCIPES ET APPLICATIONS

Maurice PICON <sup>1</sup>

### I. Une méthode simple en théorie

Le principe de la mesure de la température de cuisson d'une céramique par dilatométrie a déjà été exposé dans un précédent volume des Annales de Pegasus (PICON, 1992-93). Aussi se contentera-t-on de rappeler ici qu'une céramique se dilate, comme n'importe quel solide, lorsqu'on élève sa température au-dessus de la température ambiante. Elle le fait continûment jusqu'à ce qu'elle atteigne une température qui est proche de celle à laquelle la céramique avait été cuite initialement. Mais, si on continue d'élever la température au-delà de cette valeur, la céramique se contracte, car elle reprend le cours de sa cuisson.

La température qui marque le passage de la dilatation à la contraction est appelée température de cuisson apparente de la céramique. Elle s'écarte en général assez peu de la température de cuisson effective qui est celle du palier par lequel s'était terminée la montée en température, lors de la cuisson initiale de la céramique.

Pour les applications archéologiques que l'on envisage de faire ici en s'appuyant sur les températures de cuisson, on peut dans un premier temps assimiler les températures de cuisson effectives aux températures de cuisson apparentes. Toutefois on ne saurait se dispenser d'évoquer les questions que cette assimilation peut soulever en plusieurs cas. C'est pourquoi la dernière partie de cet exposé leur sera consacrée.

### II. Des objectifs convergents

Les céramiques sigillées qui ont été fabriquées à La Graufesenque, au cours de la période de grande diffusion de ce type de produit, serviront d'éléments de comparaison dans l'étude des températures de cuisson de trois catégories de céramiques locales. Il s'agira d'abord des présigillées, terme sous lequel nous désignerons les productions de type sigillée, rouges ou grises, antérieures à la période de grande diffusion des ateliers de La Graufesenque, puis des sigillées tardives, postérieures, et enfin des céramiques communes, non culinaires, produites au cours de cette même période de grande diffusion. Ces trois catégories de céramiques sont toutes de type calcaire, quoique une partie d'entre elles le soit moins que les céramiques sigillées, ce qu'on précisera le moment venu.

<sup>1</sup> Maurice Picon, Laboratoire de Céramologie, 7 rue Raulin, 69365 LYON cedex 07, France

L'étude des températures de cuisson de ces trois catégories de céramiques, que l'on souhaite comparer à celles des céramiques sigillées, a un même objectif. Il s'agit d'étudier, par des voies convergentes, la standardisation technique de la céramique sigillée de La Graufesenque, dont on pressent l'existence.

Dans ce but on examinera si les céramiques communes produites au cours de la période de grande diffusion des céramiques sigillées obéissent aux mêmes contraintes techniques que les sigillées, en ce qui concerne les températures de cuisson (et accessoirement ici, les choix d'argile). Ces mêmes questions se posent pour les productions antérieures, celles des présigillées, et pour les productions postérieures des sigillées tardives.

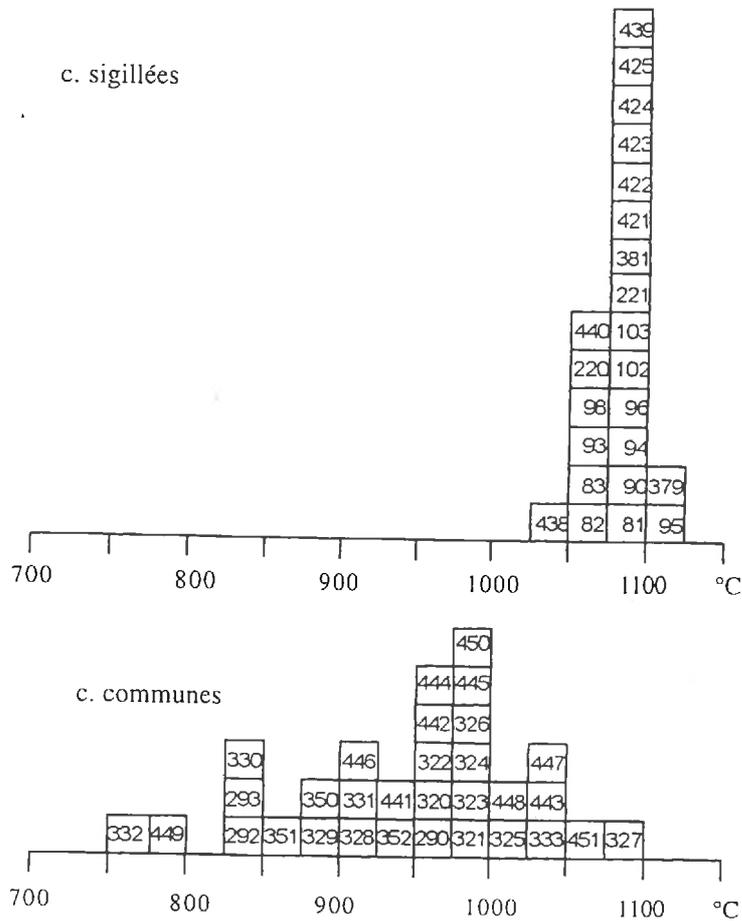
Car on a pu constater, sur d'autres ateliers de céramiques sigillées, notamment à Lezoux (Picon, 1989 a et b), que le passage d'une diffusion locale ou régionale à une diffusion à longue distance impliquant l'intervention de négociants spécialisés s'était accompagné de transformations techniques radicales qui touchent les températures de cuisson, les fours, le choix des argiles... Tout se passe comme si les négociants avaient imposé aux potiers, notamment lédoziens, des normes techniques strictes pour la production des céramiques sigillées qu'ils souhaitaient commercialiser. En revanche la plus grande liberté continuait à régner pour les productions non sigillées, communes en particulier, qui persistent à utiliser différents types d'argile et une très large gamme de températures de cuisson.

Mais, ce qui est au moins aussi intéressant à observer que les transformations techniques qui ont lieu lorsque la commercialisation, et donc la production, changent d'échelle, ce sont les modifications techniques qui accompagnent la cessation de la commercialisation à longue distance, à la suite du retrait probable des négociants. On constate alors l'abandon progressif des normes de la sigillée des périodes de grande diffusion, et le retour aux techniques antérieures plus simples et plus économiques, celles qui existaient avant l'intervention des négociants. Tout se passant comme si la production des céramiques sigillées exigeait, pour être vraiment rentable, qu'elle soit associée à une très large diffusion.

### **III. Des comparaisons éclairantes**

Pour comparer les températures de cuisson apparentes des céramiques communes et des céramiques sigillées, on a reporté sur la figure 1 les histogrammes qui regroupent l'ensemble des mesures effectuées sur ces deux catégories de céramiques. Les chiffres renvoient aux numéros d'analyse des céramiques dans la banque de données du Laboratoire, où ils sont précédés du symbole GRF.

De la même manière on a réuni sur la figure 2 les histogrammes correspondant aux présigillées et aux sigillées tardives, avec, pour comparaison, celui qui se trouvait déjà sur la



**Figure 1** - Histogrammes des températures de cuisson apparentes des céramiques communes non culinaires de La Graufesenque, et des céramiques sigillées de la période de grande diffusion de ces ateliers.

figure 1, et concernait les sigillées de La Graufesenque, pour la période de grande diffusion de ces ateliers.

Un examen rapide de la figure 1 suffit pour constater que la cuisson des céramiques communes n'a pas grand chose à voir avec celle des céramiques sigillées. Et les différences sont suffisamment importantes pour que l'on soit assuré que l'utilisation des températures apparentes, à la place des températures effectives, ne risque pas d'avoir modifié profondément la réalité. C'est d'ailleurs ce qu'on vérifiera dans la dernière partie de cet exposé.

Ainsi, des normes de cuisson auraient existé, mais seulement pour la céramique sigillée, les céramiques communes continuant à être produites librement, sans contrainte technique particulière. Le fait est d'autant plus remarquable que les argiles utilisées pour la fabrication de la plupart d'entre elles diffèrent peu de celles des céramiques sigillées. Accessoirement, on notera que la quasi-totalité des céramiques communes n'a donc pas été cuite avec les céramiques sigillées, les températures de cuisson de ces deux catégories de céramiques différant trop. D'ailleurs l'observation attentive de la coloration des pâtes des



facilement que d'autres, et notamment que ceux de Lezoux, d'étudier les transformations techniques qui accompagnent le passage d'une production faiblement diffusée à une production qui l'est très largement, ou celles qui marquent le retour à une diffusion beaucoup plus restreinte. C'est que le contexte technique dans lequel se sont développés les ateliers de La Graufesenque était déjà très marqué par les influences méditerranéennes et plus particulièrement italiennes, alors que celui de Lezoux était resté beaucoup plus à l'écart de ces mêmes influences. Il en résulte par exemple que les transformations techniques qui concernent le choix des matériaux seront plus importantes à Lezoux qu'elles ne le furent à La Graufesenque où la pratique ancienne des argiles calcaires et des vernis était déjà assez proche de celle des céramiques sigillées. On verra toutefois que, même à La Graufesenque, les approvisionnements en argile ont évolué différemment selon les catégories de céramiques et selon les périodes. Du moins y fera-t-on quelques brèves allusions dans la partie suivante, et ultime, de cet exposé, qui sera consacrée aux rapports qu'entretiennent les températures apparentes et les températures effectives.

#### **IV. Des ajustements nécessaires**

Pour la connaissance des températures de cuisson des céramiques, les fouilles d'ateliers, avec les stocks d'argiles prêtes à l'emploi qu'on retrouve souvent, sont précieuses, car elles permettent d'étudier avec beaucoup de sûreté les écarts pouvant exister entre les températures apparentes mesurées sur les céramiques et leur température de cuisson effective. C'est ce qu'on a fait à La Graufesenque avec plusieurs dépôts d'argile, et particulièrement avec l'argile dite Fronto, du nom du potier de la deuxième moitié du Ier siècle de notre ère dont de très nombreuses marques ont été découvertes à proximité.

Des échantillons de cette argile ont été cuits en élevant leur température (de 3°C par minute) jusqu'à une température maximale qui est maintenue constante pendant 1 heure. Après ce palier de cuisson, les échantillons sont refroidis (toujours à la vitesse de 3°C par minute). On fabrique ainsi des échantillons de céramique dont on connaît la température de cuisson effective, qui est celle du palier. Il reste alors à déterminer leur température de cuisson apparente. Pour cela on les recuit (toujours à la même vitesse) de sorte que l'on puisse observer à quelle température on passe, comme on l'a indiqué précédemment, d'une dilatation à une contraction, cette température étant la température de cuisson apparente.

Sur la figure 3 on a porté les températures de cuisson apparentes en ordonnées, et les températures effectives (ou réelles) en abscisses. Ce qui permet de tracer - pour l'argile Fronto et pour un palier de 1 heure - la courbe des températures apparentes en fonction des températures réelles.

On a tracé également, sur la figure 3, les courbes obtenues - pour cette même argile, mais pour des paliers de 4 et 16 heures - ce qui permet de constater que la forme et la position des courbes évoluent en fonction de la durée du palier de cuisson. En revanche, il a

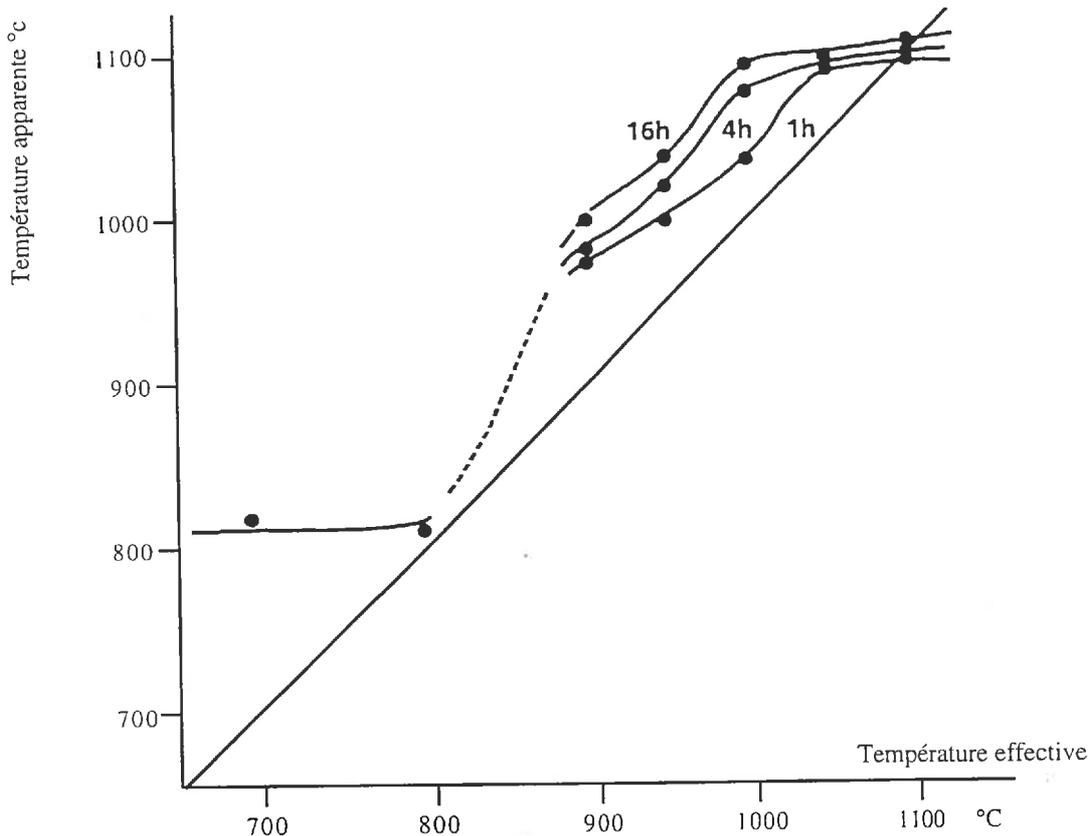
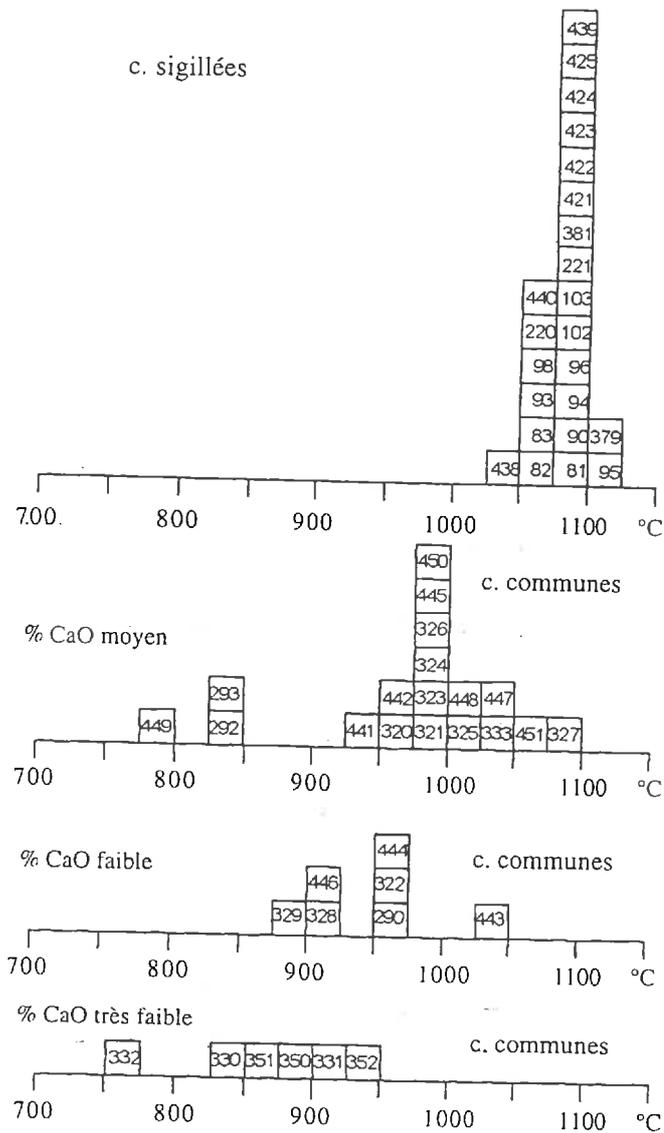


Figure 3 - Courbe des températures apparentes en fonction des températures effectives (ou réelles) d'échantillons de céramiques fabriquées avec l'argile Fronto, échantillons dont la cuisson a comporté des paliers terminaux de 1h, 4h et 16 h. La diagonale matérialise les points pour lesquels ces deux températures seraient égales.

été vérifié que les courbes sont peu influencées par les vitesses de chauffe ou de refroidissement, sauf dans le cas où ces vitesses deviendraient très faibles au voisinage du palier.

Les modifications et déplacements des courbes sur la figure 3 sont dus au fait que les températures apparentes tiennent compte du degré de cuisson de la céramique, lequel augmente nécessairement avec la durée du palier de cuisson. De ce point de vue, l'utilisation des températures apparentes pourrait présenter quelque avantage par rapport aux températures effectives, et même par rapport aux températures équivalentes (Tite, 1969). En revanche, comme on ignore - dans le cas du matériel archéologique - la durée du palier qui a terminé la cuisson, il existe, pour une température apparente que l'on aura mesurée, autant de températures effectives possibles que de durées envisageables pour le palier.

Ainsi la valeur moyenne des températures de cuisson apparentes des sigillées de grande diffusion qui est de 1085°C sur les figures 1 et 2, peut-elle correspondre d'après la figure 3 à une température effective moyenne de 990°C maintenue pendant 16 heures, ou à une température de 1030°C pendant 4 heures, ou à une température de 1065°C pendant 1



**Figure 4** - Histogrammes des températures de cuisson apparentes des céramiques communes non culinaires de La Graufesenque, classées en 3 groupes d'après leur pourcentage de chaux, et des céramiques sigillées de la période de grande diffusion de ces ateliers.

heure. Ces valeurs n'étant pas très différentes de celles qui ont été obtenues par d'autres méthodes (Sciau et al., 1992, Colas, 1998).

Si l'on cherche à se rendre compte à présent des modifications que le passage des températures apparentes aux températures réelles pourrait entraîner pour la figure 1, il est indispensable de tenir compte des pourcentages de chaux, CaO, des céramiques communes, car on peut vérifier que les températures apparentes en dépendent aussi. C'est pourquoi on a séparé, sur la figure 4, les céramiques communes qui ont des pourcentages de chaux moyens, très proches de ceux des céramiques sigillées, puis celles dont les pourcentages sont suffisamment faibles pour qu'elles se comportent pratiquement comme des céramiques non calcaires, et enfin celles dont les pourcentages sont intermédiaires.

Pour les céramiques sigillées, l'aplatissement vers les températures élevées des courbes de la figure 3 modère fortement le décalage qui existe entre la moyenne des températures apparentes (1085°C) et la moyenne des températures effectives correspondantes (1065°C, pour un palier de 1 heure). Mais il est clair que pour des températures apparentes inférieures aux précédentes, ce décalage augmente, atteignant par exemple une cinquantaine de degrés pour une température apparente de 1000°C et une température effective maintenue pendant 1 heure.

La forme même de l'histogramme des températures de cuisson apparentes des céramiques communes qui ont des pourcentages de chaux moyens, très proches de ceux des sigillées, confirme l'existence de ce décalage. En effet, la fréquence maximale observée entre 975 et 1000°C correspond à un maximum secondaire de la courbe de dilatation qui, pour l'argile Fronto, est proche de 990°C. Il faut donc bien que les exemplaires dont les températures de cuisson apparentes sont dans la fourchette précédente aient été cuits à des températures sensiblement inférieures. On peut en dire autant des exemplaires de céramiques communes qui ont de faibles pourcentages de chaux, et dont les températures de cuisson apparentes sont comprises entre 950 et 975°C (car à leur moindre pourcentage de chaux correspond un abaissement de la température du maximum secondaire de la courbe de dilatation). Quant à ceux dont les pourcentages de chaux sont très faibles, leurs températures de cuisson apparentes diffèrent finalement peu de leurs températures de cuisson effectives.

On ne saurait discuter ici de tous les problèmes que posent les températures de cuisson apparentes des figures 1 et 2, et notamment des valeurs inférieures à 800°C que les courbes de la figure 3 sembleraient exclure (elles résulteraient semble-t-il de perturbations induites par la recarbonatation partielle au cours du temps de céramiques dont la température de cuisson était demeurée inférieure à 900°C).

En conclusion on retiendra d'abord que l'absence de normalisation des températures de cuisson que semblaient indiquer les températures apparentes des céramiques communes, mais celles aussi des présigillées et des sigillées tardives, persiste bien avec les températures effectives. Ainsi les céramiques sigillées des périodes de grande diffusion seraient-elles les seules à suivre des normes de température rigoureuses (imposées sans doute par les négociants, compte tenu évidemment des caractéristiques des vernis). Mais on peut rappeler encore que ces normes concernent aussi les choix d'argile. On a vu la diversité des approvisionnements dont témoignent les céramiques communes, avec leurs pourcentages de chaux très divers. Certes la dispersion de ces pourcentages est moindre, et même assez faible, pour les présigillées (mais elle est supérieure à celle dont feront montre les céramiques sigillées) et surtout, leurs compositions attestent de plus de variété dans le choix des argiles. On retrouvera de grandes différences de composition avec les sigillées tardives dont on souhaiterait pouvoir un jour étudier l'évolution des caractéristiques techniques en fonction du temps, certaines de ces sigillées tardives semblant encore très proches des sigillées de grande diffusion, alors que d'autres s'en sont beaucoup écartées. Il s'agirait évidemment de pouvoir

préciser ainsi les conséquences que le retrait des négociants a eu sur les techniques.

## V. BIBLIOGRAPHIE

COLAS S., 1998, Etude des températures de cuisson, par diffraction X, des céramiques de La Graufesenque, *Annales de Pegasus*, n°3, 41-47.

PICON M., 1992-1993, Les céramiques culinaires de La Graufesenque : introduction technique, *Annales de Pegasus*, n°2, 42-46.

PICON M., 1989a, Transformations techniques et structures économiques : le cas de Lezoux, *S.F.E.C.A.G.*, in Congrès de Lezoux, 31-35.

PICON M., 1989b, Quelques exemples de la diffusion des moules de Lezoux, *S.F.E.C.A.G.*, in Congrès de Lezoux, 79-80.

SCIAU Ph., WERWERFT M., VERNHET A., BEMONT C., 1992, Recherche sur les températures de cuisson et la nature des engobes des céramiques sigillées de La Graufesenque, *Revue d'Archéométrie*, 16, 89-95.

TITE M. S., 1969, Determination of the firing temperature of ancient ceramics by measurement of thermal expansion : a reassessment, *Archaeometry*, 11, 131-143.